

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2881855号

(45) 発行日 平成11年(1999) 4月12日

(24) 登録日 平成11年(1999) 2月5日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

B 2 4 B 35/00
19/06

B 2 4 B 35/00
19/06

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平1-288994

(22) 出願日 平成1年(1989)11月7日

(65) 公開番号 特開平3-149178

(43) 公開日 平成3年(1991)6月25日

審査請求日 平成8年(1996)11月7日

(73) 特許権者 999999999

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 佐藤 忠一

神奈川県藤沢市宮原3596-3

(72) 発明者 菅沼 佳満

神奈川県藤沢市鶴沼神明3-6-10 日
本精工男子寮

(74) 代理人 弁理士 森 哲也 (外3名)

審査官 鈴木 充

(56) 参考文献 特開 昭58-114856 (J P, A)

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁶, D B名)

B24B 35/00

B24B 19/06

(54) 【発明の名称】 ゴシック・アーク溝の超仕上方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 溝直角断面がゴシック・アーク形状をしたゴシック・アーク溝を平面から見て当該ゴシック・アーク溝の長手方向 y' に対して水平面内で任意の揺動軸角 γ 傾斜させた垂直面内の水平軸から当該水平軸に垂直な溝断面形状が最小の誤差で単一円弧と見なせ且つその単一円弧の中心を通る水平軸を選択し、その選択された水平軸を揺動軸として砥石を揺動させながら当該砥石を溝長手方向に移動させて、前記ゴシック・アーク溝の左右フランクを同時に超仕上加工することを特徴とするゴシック・アーク溝の超仕上方法。

【請求項2】 前記水平軸を選定するに当たって、揺動軸角 γ を逐次微小量ずつ変化させながらそれぞれの揺動軸角 γ における溝揺動軸直角断面形状に対して単一円弧近似演算を行って、近似円弧中心を求め、求めた近似円弧

2

中心に基づいて近似誤差を算出し、算出した各揺動軸角 γ における近似誤差を比較して最小誤差に対応する揺動軸角 γ を選択し、そのときの近似円弧中心を通る水平軸を目的とする水平軸として選定することを特徴とする請求項1記載のゴシック・アーク溝の超仕上方法。

【請求項3】 前記ゴシック・アーク溝は円筒内周面に螺旋状に形成されているボールネジ溝であることを特徴とする請求項1又は2に記載のゴシック・アーク溝の超仕上方法。

【請求項4】 前記ゴシック・アーク溝は直動案内軸受のボール転動溝として形成されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のゴシック・アーク溝の超仕上方法。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

この発明は、ボールねじ、直動案内軸受あるいは玉軸受等においてボールが転動するゴシック・アーク溝の左右両フランクを同時に超仕上する方法に関し、特に、ゴシック・アーク溝の長手方向に対して砥石の揺動軸を所定の角度だけ傾け、その傾いた揺動軸に直角な断面を最小の誤差で円弧とみなし、その揺動軸を中心として砥石を揺動させてゴシック・アーク溝を超仕上する方法に関する。

なお、ゴシック・アーク溝とは、溝に直角な断面の形状が、同一円弧の右フランクと左フランクの中心をオフセットさせた形状を有する溝を言う。

〔従来の技術〕

従来一般には、ボールねじ、直動案内軸受あるいは玉軸受等におけるボールの転動溝であるゴシック・アーク溝は、研削仕上のままで超仕上加工はされていない。

また、ゴシック・アーク全面ではなく、使用ボールの接触点及びその近傍のみを超仕上するものは知られている。

この方法は第13図に示すように、半径Rの円弧の右フランク1の中に中心 O_R と同一の半径Rの円弧の左フランク2の中心 O_L を水平方向に距離aだけオフセットさせたゴシック・アーク溝に対して、中心 O_R および O_L からそれぞれ水平方向に対して 45° の直線を引いたときに、これら直線の直交 O_B が使用ボール3の中心となり、かつその直線と右フランク1及び左フランク2との交点 P_R 及び P_L が使用ボール3の接触点となる。そして、使用ボール3の半径よりは大きくかつ前記フランク1,2の半径Rよりは小さい半径の砥石4を用い、使用ボール3の中心 O_B を通り紙面に垂直な揺動軸回りに砥石4を揺動させ、ゴシック・アーク溝の使用ボール3との交点 P_R ・ P_L 近傍の超仕上を行っている。

なお、砥石4の断面の半径が、使用ボール3の半径より大きくかつフランク1,2の半径Rより小さいのは、超仕上を進行させていた場合のなじみを考慮したものである。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、このような従来のゴシック・アーク溝の超仕上方法にあっては、ボールの接触点の近傍を重点に超仕上加工するものであり、ゴシック・アーク全体を一樣に加工するものではないため、前工程（研削加工）でのフランク1,2の半径R寸法やオフセット量aが超仕上加工により変わってしまい、フランク1,2の円弧形状が悪化し、面粗さも一樣ではなくなる。このため、超仕上加工後のフランク半径寸法の値の評価が難しくなるという問題があった。

この発明は、このような従来の方法の有する問題点に着目してなされたもので、ゴシック・アーク溝全体を一樣な取代で超仕上し、フランクの半径寸法やオフセット量aが変わらず、面粗さも一樣であり、超仕上加工後におけるフランクの半径寸法の値が所期値通りとなるゴシ

ック・アーク溝の超仕上方法を提供することを目的とするものである。

〔課題を解決するための手段及び作用〕

そこで、この発明に係わるゴシック・アーク溝の超仕上方法は、ボールねじのナットやおねじ、直動案内軸受あるいは玉軸受等のゴシック・アーク溝の長手方向に沿って砥石をゴシック・アーク溝に接触させて移動させながら、その長手方向に対して所定の揺動軸角だけ傾いた揺動軸を中心として砥石を揺動させる。この時、揺動軸角は、揺動軸に直角な断面におけるゴシック・アーク溝形状が最小の誤差で単一円弧と見なせる角度であり、揺動軸は単一円弧の中心を通るので、砥石の揺動によってゴシック・アーク溝の両フランクを均一な取代で超仕上することができる。

〔実施例〕

以下、この発明の実施例を図面を参照して説明する。

第1図及び第2図はこの発明のゴシック・アーク溝の超仕上方法をボールねじナットに適用した場合の実施例を示す。

これら第1図及び第2図において、図示しないチャックに取り付けられたボールねじの円筒状のナット6の内周面に所定リード角 β を有するゴシック・アーク溝7が螺旋状に形成されている。

ここで、ナット6の中心軸をx軸とし、この中心軸xからゴシック・アーク溝7の中心線即ち後述するゴシック・アーク溝7に転接するボールの中心点の転動軌跡に降ろした垂直線をz軸とし、このz軸とx軸との交点Oを通る水平軸をy軸としてxyz座標系を定義する。

そして、y軸に対して交点Oを中心としてx軸を含む水平面内でゴシック・アーク溝7のリード角 β だけ傾斜させた軸をリード方向 y' 軸とし、このリード方向軸 y' に対して交点Oを通過して直交する軸を x' 軸とする。この x' 軸を含む垂直面（ $x' - z$ 垂直面）を溝直角断面と定義し、この溝直角断面内におけるゴシック・アーク溝7の形状（以下、溝直角断面形状と称す）が前述したゴシック・アーク形状になっている。

第1図において、交点Oを通りリード方向 y' 軸を含む垂直面（ $y' - z$ 平面）に対して揺動軸角 γ だけ傾いた垂直面 $y'' - z$ 垂直面とし、この $y'' - z$ 垂直面と $x - y$ 平面から揺動軸高さhだけゴシック・アーク溝7側にとった水平面との交線となる水平線を揺動軸 y'' として定義する。

また、この揺動軸 y'' とz軸との交点 O_s を通り揺動軸 y'' と直交する線を x'' 軸として定義し、この x'' 軸を含む垂直面（ $x'' - z$ 垂直面）を溝揺動軸直角断面と定義する。

この揺動軸 y'' は、第1図及び第2図において、ゴシック・アーク溝7の溝揺動軸直角断面内における溝形状（以下、溝揺動軸直角断面形状と称す）が最小の誤差で単一円弧に近似できる揺動軸角 γ と揺動軸高さhに設定

されている。

そして、回転軸を中心として揺動する揺動スピンドル 8 の回転軸を揺動軸 y'' と一致させてナット 6 の近傍に配置し、このスピンドル 8 の軸に固定した揺動アーム 9 の先端に砥石 10 を装着し、これにより、砥石 10 を揺動軸 y'' 回りに A 方向に半径 r (第 3 図に示す) で揺動可能とする。さらに、ナット 6 は x 軸回りに B 方向に回転し、これに同期させて、すなわち、ナット 6 の 1 回転につき 1 リード 1 分だけ、揺動スピンドル 8 と揺動アーム 9 と砥石 10 とを x 軸に平行に C 方向に移動可能とする。また、図示しないが、砥石 10 は、揺動アーム 9 の一部に設けられた砥石押付け機構により、ナット 6 のゴシック・アーク溝 7 に押し付けられる。

このとき、第 3 図に示すように、ゴシック・アーク溝 7 に対して前記揺動軸 y'' を考えた場合、その溝揺動軸直角断面形状が断面全体に亘って近似的に単一の円弧と見なすことができる揺動軸角 γ と揺動軸高さ h とで決定される揺動軸 y'' が存在する。

上記装置の動作を説明すると、第 1 図～第 3 図において、ナット 6 が B 方向に回転し、これに同期して揺動スピンドル 8 が C 方向に移動する。そして揺動スピンドル 8 が A 方向に揺動すると、揺動アーム 9 に取り付けられた押付け機構により砥石 10 がナット 6 のゴシック・アーク溝 7 に押し付けられながら、砥石 10 が揺動軸 y'' 回りに揺動し、ゴシック・アーク溝 7 の表面の左右両フランク 1, 2 を同時に超仕上する。

この時、砥石 10 の揺動軸 y'' は、前述したように、ゴシック・アーク溝 7 の溝揺動軸直角断面形状が最小の誤差で単一円弧と見なせる揺動軸角 γ と揺動軸高さ h とで決定された位置であり、溝 7 全体を均一な取代で超仕上 30 げするものである。

次に、上述した揺動軸角 γ と z 軸方向の位置 h と砥石 10 の半径 r の求め方を説明する。

第 4 図に示すように、ナット 6 に x 軸、 y 軸及び z 軸を*

$$y = \frac{D_u}{2} \sin \left\{ \frac{2 \cdot \pi}{\ell} (x - k_u) \right\} \quad \cdots \cdots (5)$$

となる。ここで、 D_u は溝上の点 P を通るねじ線の直径となる。

今、溝直角断面における溝上の点 P の z 軸からの距離 40 を k'_x とすると、

$$k'_x = R \cdot \sin U - a/2 \quad \cdots \cdots (6)$$

また、点 P を通るねじ線の直径 D_u は、

$$D_u = d_n - a + 2 \cdot R \cdot \cos U \quad \cdots \cdots (7)$$

*規定する。点 P_A は加工位置である。また、第 5 図 (a) 及び (b) において、リード角 β のねじ線について、ねじ線の直径を D 、ねじ線のリードを l とすると x 軸に対する周長は l_c は

$$l_c = (\pi \cdot D/l) \cdot x \quad \cdots \cdots (1)$$

となる。

また、第 6 図及び第 7 図は空間のねじ溝線の $x-y$ 平面への正投影曲線及び空間のねじ溝の $y-z$ 平面への正投影曲線を示す。ここで、 $x-y$ 平面へ正投影した空間のねじ線の $x-y$ 平面上への正投影曲線を以下ねじれ曲線と称す。

これら第 6 図及び第 7 図において、ねじれ線上の任意の点 Q と原点 O とを結ぶ直線が z 軸となす角を ϕ とすると、

$$y = (D/2) \sin \phi \quad \cdots \cdots (2)$$

$$\phi = 2 \cdot l_c/D \quad \cdots \cdots (3)$$

が成立つ。(1)～(3)式より、任意のねじれ曲線の方程式は、

$$y = (D/2) \sin (2 \pi x/l) \quad \cdots \cdots (4)$$

となる。

次にねじ溝を構成している任意のねじれ曲線の方程式を溝直角断面上の点に対応させて考える。

第 8 図は第 6 図と同様の $x-y$ 平面におけるねじれ曲線を示し、第 9 図は第 8 図の溝直角断面 ($x'-z$ 断面) 形状を示している。

ここで、 l はリード、 d_n は使用ボール 3 の中心の転走軌跡直径、 β はリード角、 d_n はナット 6 の内径、 a はオフセット量、 R は溝の半径、 X_0 は逃げ溝の幅、 Y_0 は面取り高さである。

溝直角断面 ($x'-z$ 平面) 上の任意の角度 U における溝上の点 P を通るねじ線のねじれ曲線が x 軸と交わる点を P_s とし、点 P_s の y 軸からの距離を k_u とすると、点 P を通るねじ線のねじれ曲線の方程式は、(4)式より、

一方、点 P の $x-y$ 平面上における座標を (k_x, k_y) とすると、

$$k_x = k'_x \cdot \cos \beta \quad \cdots \cdots (8)$$

$$k_y = k'_x \cdot \sin \beta \quad \cdots \cdots (9)$$

となる。従って、点 P を通るねじ線のねじれ曲線の方程式における k_u の値は、(6)、(7)、(8)、(9) 式を (5) 式に代入して、

$$\begin{aligned}
 k_r &= \frac{D_u}{2} \sin \left\{ \frac{2 \cdot \pi}{\ell} (k_x - k_u) \right\} \\
 k_u &= k_x - \frac{\ell}{2 \cdot \pi} \sin^{-1} \frac{2 \cdot k_r}{D_u} \\
 &= \left(R \cdot \sin U - \frac{a}{2} \right) \cdot \cos \beta - \frac{\ell}{2 \pi} \sin^{-1} \frac{2(R \cdot \sin U - \frac{a}{2}) \cdot \sin \beta}{dm - a + 2R \cdot \cos U} \\
 &\dots\dots\dots(10)
 \end{aligned}$$

となる。

故に、溝直角断面上の任意の角度 U における溝上の点*

* P を通るねじ線のねじれ曲線は、(5)、(7)、(10) 式で表せる。ただし、

$$k_u - \frac{\ell}{4} \leq x \leq k_u + \frac{\ell}{4} \quad \dots\dots(11)$$

$$\sin^{-1} \frac{X_u + a}{2 \cdot R} \leq U \leq \cos^{-1} \frac{a + 2 \cdot Y_c + d_n - d_m}{2 \cdot R} \quad \dots\dots\dots(12)$$

である。

第10図は第8図及び第9図によって求めた溝直角断面上の任意の角度 U における溝上の点 P を通るねじ線のねじれ曲線が、揺動軸 y'' における溝揺動軸直角断面 ($x'' - z$ 断面) と交わる交点の求め方を示している。

この第10図に示すように、 $x - y$ 平面において、溝の各ねじれ曲線と揺動軸断面線 (x'' 軸) の交点を (x_u, y_u ※

※ u) とすると、この交点は、ねじれ曲線 (5) 式と、揺動軸断面線を表す式、すなわち、

$$y = x \cdot \tan(\gamma - \beta) \quad \dots\dots(13)$$

とを2元連立方程式として解いた値として得られる。そして溝揺動軸直角断面 ($x'' - z$ 平面) 上の各点の座標 (x''_u, z_u) は、

$$\left. \begin{aligned}
 x''_u &= \sqrt{x_u^2 + y_u^2} \\
 z_u &= -\sqrt{\frac{D_u^2}{4} - y_u^2}
 \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots(14)$$

となる。

すなわち、溝揺動軸直角断面形状は、溝直角断面上のそれぞれの角度 U について、(14) 式より (x''_u, z_u) を計算し、プロットすることで求めることができる。

さらに、第11図は溝直角断面 ($x' - z$ 平面) と溝揺動軸直角断面 ($x'' - z$ 平面) との関係を示すもので、この第11図では、両断面表示が重なるため溝揺動軸直角断面側の交点 O をずらして表示している。

この溝揺動軸直角断面において、 z 軸上に単一円弧近似中心点 $O_s(0, -h)$ を定め、溝直角断面上の角度 U_i ($i = 1, 2, \dots, n$) に対応する溝揺動軸直角断面上の点 (x''_{ui}, z_{ui}) に対して、それぞれ近似中心からの半径を r_i とする。そして、最適円弧近似では、近似半径中の円弧近似誤差 $e = r_{\max} - r_{\min}$ の値が最小となる、揺動軸 y'' の揺動軸角 γ と揺動軸高さ h とをコンピュータに

より求める。この際、溝形状は左右フランクが対象であるので、上述の計算は片フランク (ここでは右フランク) に限って考えればよい。

一計算例では、最も重要なボール接点の $\pm 10^\circ$ (U) の範囲 (すなわち、 $U = 45^\circ$ のボール接触点に対して $U = 35^\circ$ から $U = 55^\circ$) で、揺動軸角 24.2° 、揺動軸高さ 20.285mm の時、近似誤差 $1.5\mu\text{m}$ で単一円弧近似することができた。この程度の精度に入れば充分満足できる値であり、実際の加工でも同程度の溝形状精度が得られている。

なお、第11図の溝揺動軸直角断面における溝形状は、誤差を拡大して示してある。

第12図は、この発明の別実施例として、直動案内軸受に適用した場合を示す。

この直動案内軸受12においては、砥石をゴシック・ア

ーク溝13に所定の力で押し付けながら溝13に沿って長手方向に沿って往復移動させ、そして、溝直角断面に対して揺動軸角 γ だけ傾いた揺動軸直角断面において砥石を揺動させるものである。この揺動軸直角断面においても、ゴシック・アーク溝は最小の誤差で単一円弧と見なせるものであり、砥石揺動軸の揺動軸角 γ 及び揺動軸高さ h を、上述した計算と同様の手順で、求めることができる。

上述した実施例において、ボールねじのナット及び直動案内軸受について説明したが、この発明は、ボールねじのおねじあるいは玉軸受の内外輪等のゴシック・アーク溝にも適用できる。これらの場合、装置としての構造は、おねじの場合はめねじの場合とほぼ同様であり、玉軸受の内外輪の場合は砥石の往復運動は不要であり、玉軸受の内外輪又は砥石をゴシック・アーク溝に沿う方向に回転させればよい。

また、砥石の揺動の最適円弧近似の計算も同様に行うことができる。

【発明の効果】

以上説明したように、この発明に係わるゴシック・アーク溝の超仕上方法によれば、ゴシック・アーク溝の長手方向に対して所定の揺動軸角だけ傾けた揺動軸回りに砥石を揺動させ、その揺動軸に直角な断面における前記ゴシック・アーク溝の形状が、最小の誤差で単一円弧と

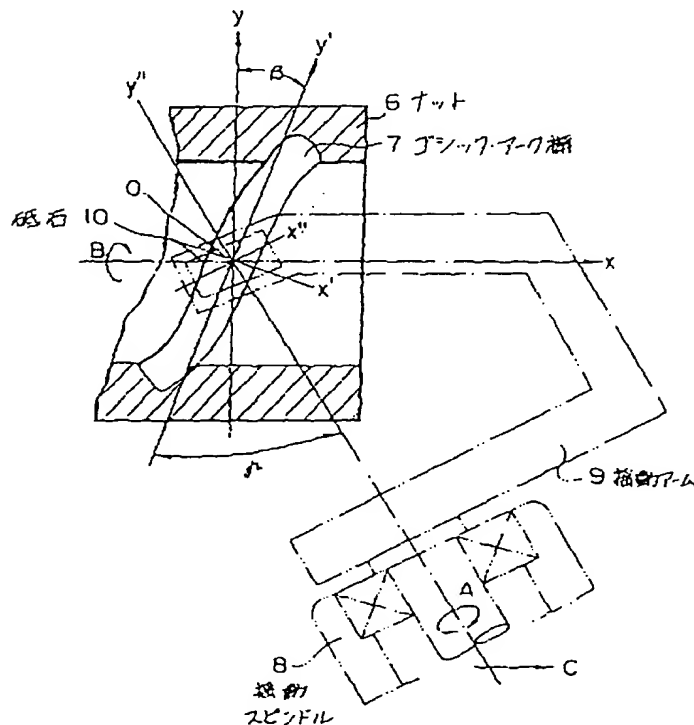
見なせるので、ゴシック・アーク溝の両フランクが同時に全体的に一定の取代で超仕上が行われ、溝形状が悪化せず、溝R寸法やオフセット量も変わらず、一様な超仕上面が得られるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

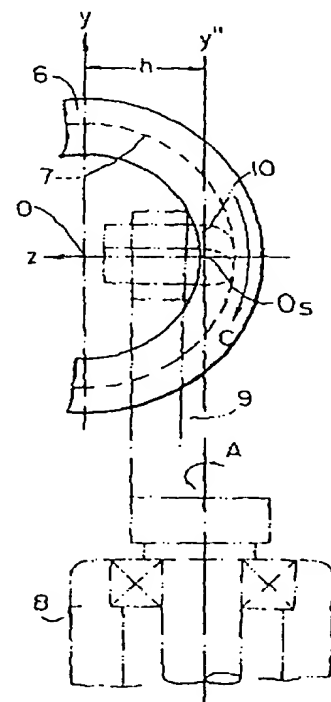
第1図は、この発明に係わるゴシック・アーク溝の超仕上方法の一実施例としてボールねじのナットに適用した場合の要部切断平面図、第2図は第1図の右側面図、第3図は上記実施例の原理を示す図、第4図はナットの座標を示す斜視図、第5図はねじの中心線と周長の関係を示す図、第6図はナットゴシック・アーク溝を構成しているねじ線を示したナットの切断平面図、第7図は第6図の右側面図、第8図は各種のねじれ曲線と溝直角断面形状の関係を示す平面図、第9図は第8図の $x \parallel$ 線における断面図、第10図はナット溝の各種ねじれ曲線と溝揺動軸直角断面の交点の求め方を説明する図、第11図は砥石の揺動軸に直角な断面における単一円弧近似の方法を示す図、第12図はこの発明の別実施例として直動案内軸受に適用した場合を示す斜視図、第13図は従来のゴシック・アーク溝の超仕上方法を説明するための切断正面図である。

6……ナット、7、13……ゴシック・アーク溝、8……揺動スピンドル、9……揺動アーム、10……砥石、12……直動案内軸受。

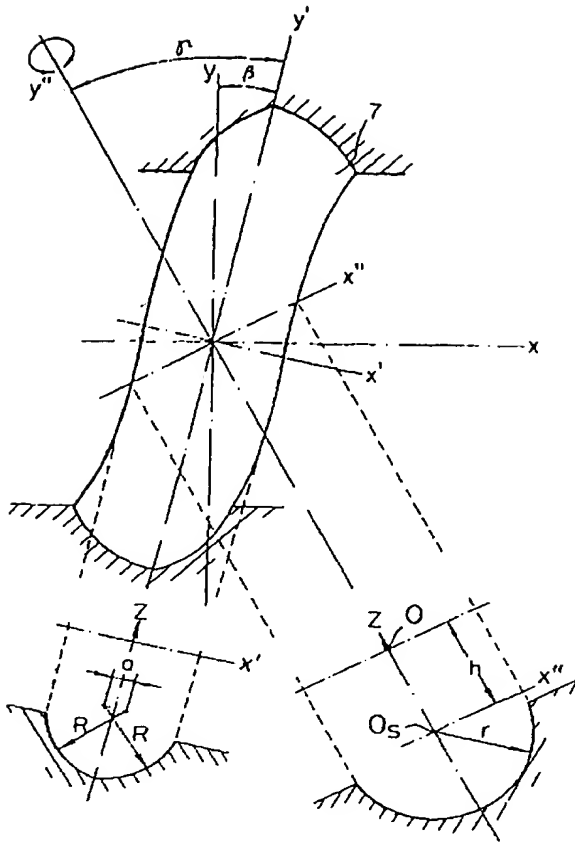
【第1図】



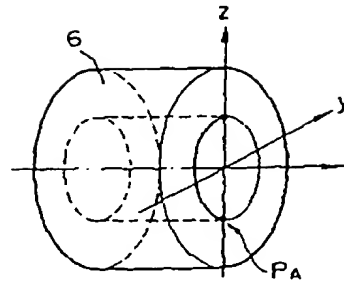
【第2図】



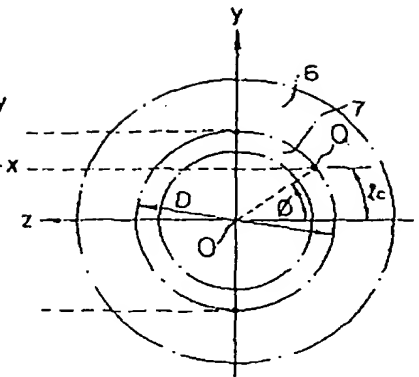
【第3図】



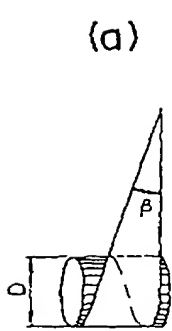
【第4図】



【第7図】



【第5図】



【第6図】

